

CATHÉDRALE  
NOTRE-DAME DE PARIS

TRAVAUX DE RESTAURATION  
POST 2024



C.C.T.P – LOT 18<sub>CHVT</sub>  
CONTRÔLES LABORATOIRE  
(Prélèvements -Analyses)

---

DOSSIER DE CONSULTATION DES ENTREPRISES PH3-SO1

**Restauration du chevet**

*Février 2025*



Maîtrise d'Ouvrage :  
ETABLISSEMENT PUBLIC CHARGÉ DE  
LA CONSERVATION ET DE LA  
RESTAURATION DE LA CATHÉDRALE  
NOTRE-DAME DE PARIS



Maîtrise d'Œuvre : A.C.M.H.  
Philippe VILLENEUVE  
Rémi FROMONT

**SOMMAIRE :**

<b>01.</b>	<b>DEFINITION DU PRESENT LOT :</b> .....	<b>2</b>
01.01	DIVISION EN MARCHES : .....	2
01.02	OBJET DES TRAVAUX DU PRÉSENT LOT 18CHVT : .....	2
<b>02.</b>	<b>NORMES ET RÈGLEMENTS :</b> .....	<b>4</b>
<b>03.</b>	<b>PRIX UNITAIRES</b> .....	<b>5</b>
<b>04.</b>	<b>CLAUSES PARTICULIERES – CONTRÔLE DE DESSALEMENT</b> .....	<b>6</b>
04.01	GENERALITES .....	6
04.02	ANALYSES PRELIMINAIRES DES PAREMENTS .....	9
04.03	CONTROLE DES PAREMENTS APRES INTREVENTION DE DESSALEMENT .	12
<b>05.</b>	<b>DOSSIERS DE FIN DE TRAVAUX - DOE :</b> .....	<b>14</b>
<b>06.</b>	<b>NOTE FINALE :</b> .....	<b>15</b>

-O-O-O-O-

## 01. DEFINITION DU PRESENT LOT :

### 01.01 DIVISION EN MARCHES :

Le présent Cahier des Clauses Techniques Particulières (CCTP) a pour objet de définir les modalités d'exécution des ouvrages du Lot n°18 CHVT – Contrôles Laboratoire (Prélèvements – Analyses), de cette tranche unique de travaux.

**Le Lot n°18 CHVT : CONTROLES LABORATOIRES (Prélèvements – Analyses), marché unique comprenant :**

- Le contrôle de l'exécution des travaux de dessalement des maçonneries de Pierre de Taille, réalisés par les lots 06 - Restauration de sculpture.

### 01.02 OBJET DES TRAVAUX DU PRÉSENT LOT 18<sup>CHVT</sup> :

#### Objectifs :

L'objet du présent lot consistera en un accompagnement technique à la maîtrise d'œuvre et aux entreprises dans le cadre d'une mission de contrôle par prélèvements et analyses en laboratoire concernant les opérations de dessalement des maçonneries extérieures de la cathédrale pour les travaux de restauration du chevet de la cathédrale Notre-Dame de Paris.

Au-delà de l'identification et du contrôle des sels solubles dans les maçonneries, cette mission permettra une assistance à la maîtrise d'œuvre pour :

- La définition et le contrôle des moyens de l'opération de dessalement (par compresseurs, sur la base des chantiers tests conduits en partenariat avec le LRMH), compris les compléments de prélèvements et analyses nécessaires à la réalisation de cette mission ;
- Les décisions de poursuivre les opérations de dessalement jusqu'à ce que l'état de l'épiderme des parements soit considéré comme assaini et dans des conditions de conservation satisfaisantes.

Cette mission de contrôle sera confiée à un laboratoire ayant des compétences et des références dans le cadre de travaux de ce type et d'interventions sur des monuments historiques.

#### Emprise des travaux de contrôle de dessalement du présent lot :

Ensemble des espaces extérieurs du chevet de la cathédrale, en accompagnement des lots 06 – Restauration de sculpture en charge du dessalement.

- Elévations des chapelles,
- Elévation des tribunes et réserves,
- Arcs-boutants,
- Couverture des terrasses hautes.

#### Préconisation générale de travaux :

- **Travaux préparatoires :**
  - Prescriptions techniques d'acheminement du matériel (entrées, remaniements, sorties),
  - Protocoles d'actions à mettre en œuvre et à respecter rigoureusement (et cela tâche après tâche et suivant le phasage et l'avancement des travaux).

- **Analyses préalables aux opérations de dessalement**
  - Visite préalable avec la MOE sur les différentes zones d'intervention ;
  - Analyses préalables prélèvements de pierre et de mortiers de jointoiement et de pose non encore caractérisés (mesures de la distribution porale des supports, etc.) ;
  - Identification et quantification des sels solubles sur pierre et mortier contaminés par les sels ;
  - Assistance, lorsque nécessaire, à la définition de la formulation des compresses de dessalement.
- **Travaux en accompagnement des lots 06 – Restauration de sculpture, en charge des opérations de dessalement sur les parements maçonnés (droits, voussurés, moulurés et sculptés) :**
  - Confirmation du programme de prélèvements-analyses avec la MOE ;
  - Prélèvements et analyses après chaque cycle de dessalement. Nombre de cycle jusqu'à obtention du résultat souhaité ;
  - Rapport de synthèse après chaque phase d'analyse.
- **Participation à des réunions de travail / chantier**
  - Selon besoin du chantier, sur la durée de l'opération « Restauration du chevet de la cathédrale ».
- **Documents contractuels de suivis et de fin d'opération.**

-O-O-O-O-

## 02. NORMES ET RÈGLEMENTS :

Les études et travaux seront exécutés conformément aux prescriptions des D.T.U. qui les concernent, aux Normes et Règlements, avec leurs additifs, mémentos, rectificatifs, commentaires et erratum(s) en vigueur à la date de la signature du Marché.

Et notamment, sans que l'énumération ci-dessous soit limitative :

- **Normes françaises publiées par l'Afnor,**
- **Documents Techniques Unifiés,**
- **Les Eurocodes,**
- **Les règles de calculs,**
- **La réglementation incendie en vigueur pour ce type d'Etablissement (arrêtés et circulaires),**
- **La dernière Réglementation Amiante en vigueur.**

Liste non exhaustive et documents dans leurs dernières rédactions au moment de la passation des marchés.

### **Documents Divers :**

(Établis dans leurs dernières versions au moment des passations de marchés)

Ensemble des documents cités au CCTC (« documents techniques de référence) et au CCTC – Additif Plomb et Amiante (« Diagnostics réglementaires »)

En conséquence tout ce qui précède, l'entrepreneur s'engage à prendre connaissance de tous les fascicules ainsi que des plans et documents d'ensemble des pièces de référence (C.C.A.G. - C.C.A.P. - C.C.T.P.) dont les prescriptions ont valeur contractuelle. De ce fait aucun argument, pour justifier de sa part des erreurs ou omissions éventuelles concernant l'exécution des ouvrages qui lui seront confiés, ne sera recevable.

-O-O-O-O-

### 03. PRIX UNITAIRES

Les prix unitaires indiquées au BPU « zones » du présent Lot comprendront, par zone d'intervention, l'ensemble des prestations nécessaires à la réalisation des prestations concernées telles que décrites dans l'article 04, compris :

- Les interventions sur site ;
- Les analyses en laboratoire ;
- L'amenée et le coltinage jusqu'à pied d'œuvre du matériel nécessaire à la réalisation des prélèvements, compris le repli du matériel et l'acheminement des prélèvements en laboratoire ;
- La rédaction de rapport après chaque campagne d'analyse ;
- Le rebouchage des trous occasionnés par les prélèvements ;
- La participation aux réunions de chantier.

Sont concernés les postes :

- **« Analyses préliminaires des parements »**

Chaque « zone » du BPU comprend :

- Toutes les analyses, autant que de besoin, permettant la caractérisation des parements à traiter, compris la caractérisation porale des pierres et mortiers et la définition de la teneur en eau des parements ;
- L'identification et quantification des sels solubles sur pierre et mortier contaminé
  - o 3 prélèvements à chaque cycle :
    - Sur pierre dégradée,
    - Sur mortier dégradé (joints de hourdage ou de finition selon choix de l'ACMH),
    - Sur pierre apparemment saine, en limite de zone dégagée.
  - o Pour chaque prélèvement, 3 profondeurs.
- Contrôle des compresses proposées par les lots 06CHVT – Restauration de sculpture.

- **« Contrôle des parements après intervention de dessalement »**

Chaque « zone » du BPU comprend :

- 3 prélèvements à chaque cycle :
  - Sur pierre dégradée,
  - Sur mortier dégradé (joints de hourdage ou de finition selon choix de l'ACMH),
  - Sur pierre apparemment saine, en limite de zone dégagée.
- 1 temps de prélèvement et analyse après chaque cycle de dessalement sur la base d'une hypothèse moyenne de 2 cycles de dessalement – Soit 2 temps de prélèvements
- Pour chaque prélèvement, 3 profondeurs.

-O-O-O-O-

## 04. CLAUSES PARTICULIERES – CONTRÔLE DE DESSALEMENT

### Note Préliminaire :

L'entrepreneur doit l'ensemble des prestations liées à la bonne exécution des travaux de son lot, il ne saurait se prévaloir de la non-exhaustivité des descriptions des articles ci-après.

Les ouvrages seront réalisés en étroite collaboration entre chaque corps d'état missionné par cette opération.

L'entreprise doit étudier avec soin les pièces remises, s'entourer de tous les renseignements pour ce qui pourrait lui paraître douteux et visiter les lieux où doivent s'effectuer les travaux. Les solutions techniques qui ont été retenues, devront être vérifiées par l'entrepreneur adjudicataire. Il appartient alors à l'entreprise de présenter, avant la remise des prix, toutes observations ou suggestions qu'elle jugera utile quant aux dispositions du projet et à la solution technique retenue. Le fait de soumissionner constitue un engagement à respecter ladite conception et les diverses prescriptions des documents techniques, en prenant alors l'entière responsabilité des dispositions du projet.

### 04.01 GENERALITES

- **Les étapes du processus de contrôle complet de dessalement sont les suivantes :**

(Liste non exhaustive)

#### **Travaux préalables :**

- 1) Evaluer la nature des pierres en œuvre ainsi que des mortiers existants à ce jour, et en établir une cartographie  
*A la charge du MOE et entreprise des lots 04 – Maçonnerie/Pierre de taille et 06 – Restauration de sculpture.*
- 2) Evaluer l'état de dégradation des pierres en œuvre ainsi que des mortiers existants à ce jour, et en établir une cartographie  
*A la charge du MOE et entreprise des lots 04 – Maçonnerie/Pierre de taille et 06 – Restauration de sculpture.*
- 3) Etablir ou confirmer les caractéristiques (porosimétrie) des principales pierres et principaux mortiers existants en complément des données connues issues des chantiers test, des opérations de dessalement en cours, et en tant que de besoin.  
*A la charge du présent lot.*
- 4) Effectuer des prélèvements sur site et des analyses en laboratoire pour identifier la nature des sels et quantifier les sels solubles responsables de l'altération des parements (contaminations salines des pierres et des mortiers).  
*A la charge du présent lot.*
- 5) Proposer un traitement en conservation des parements dégradés par des sels solubles, sur la base des résultats des chantiers tests précédemment conduits sous la direction du LRMH et le retour d'expérience du chantier de Reconstruction de la cathédrale suite à l'incendie du 15 avril 2019.  
*A la charge du présent lot.*

- 6) Evaluer l'altération surfacique après la purge et le brossage des supports en parement.  
*A la charge du présent lot, en coordination étroite avec les lots 04 – Maçonnerie/Pierre de taille et 06 – Restauration de sculpture.*
- 7) Identifier les différentes options de compresses de dessalement compatibles avec les supports à traiter, qu'elles soient formulées par les entreprises, ou disponibles dans le commerce sous forme de produits prêts à l'emploi. Les modalités précises d'analyse seront établies au cas par cas en relation avec le LRMH.  
*A la charge du présent lot.*
- 8) Evaluer les traitements in-situ (vitesse et aisance d'application/retrait, taux de résidus, modalités et faisabilité des post traitements (privilégier le brossage à sec, envisager une application de badigeon ou pelable latex non chargé en agents complexant dans certains cas).  
*A la charge du présent lot.*
- 9) Résultats avant intervention.  
*A la charge du présent lot.*

**Puis :**

- 10) Travaux à proprement dits de dessalement, à savoir (donné à titre informatif) :  
*A la charge des lots 06 - Restauration des sculptures*
- Identification avec l'Architecte en Chef des Monuments Historiques des zones à traiter ;
  - Relevés des zones de dégradation évolutives ;
  - Purge de tous les joints situés sur les zones impactées par efflorescences salines ;
  - Brossage et humidification des parements ;
  - Dessalement proprement dit, en collaboration avec le titulaire du présent lot ;
  - Application manuelle ou en projection de produits sous forme de compresses adaptées à la porosité des supports ;
  - Deux, voir trois applications / cycles de dessalement seront nécessaires selon le cas et la résistance des pathologies salines à traiter,
  - Séchage, retrait des produits à la fin de chaque cycle,
  - Brossage de fin de travaux avec aspiration des parements traités,
  - Pour mémoire : rejointoiement de finition au mortier de chaux, à la charge des lots 04 - Maçonnerie/Pierre de taille.

Pour information : les opérations de dessalement ne seront conduites qu'après nettoyage des parements (aspiration, brossage, application de compresses ou latex, etc.).

- 11) Contrôle des travaux de dessalements ci-dessus.  
*A la charge du présent lot.*
- 12) Réalisation de nouveaux cycles de dessalement jusqu'à obtention d'un résultat satisfaisant.  
*A la charge des lots 06 - Restauration des sculptures*  
Compris contrôle en fin de chaque cycle.  
*A la charge du présent lot.*

**OU**

Interruption du protocole et proposition de solution alternative si évolution non satisfaisante. *A la charge du présent lot.*



- **Type de parements concernés :**

Maçonneries touchées par la migration des sels et la présence d'humidité en profondeur sur les parements extérieurs, que cela soit sur parements droits ou voussurés, qu'ils soient unis, moulurés ou, sculptés ou sur des décors sculptés.

- **Généralités à respecter pour tous les prélèvements à la charge du présent lot :**

Les prélèvements sont réalisés avec soin, adaptés au contexte patrimonial et réalisés conformément à la norme NF EN 16085. Ils sont soumis à l'accord du maître d'œuvre et du LRMH.

Ils se présenteront sous la forme de poudres obtenues après perforations qui seront étiquetées et localisées sur plans, avec précisions, pour chacun, de la nature des prélèvements (poussières, écailles, autres, etc...) et de la manière dont ils auront été réalisés (outils, etc.)

Ces prélèvements se feront par perçages successifs de diamètre 8 mm en trois profondeurs de prélèvements seront systématiquement prévues :

- 0-5 mm
- 10-15 mm
- 40-50mm

A la demande de l'ACMH, les profondeurs investiguées pourront être modifiées (selon les cas de figures (pathologies, nature des compresses utilisées, etc.)).

Si la surface du lieu de prélèvement est significativement dégradée (desquamation/désagrégation granulaire), prélever délicatement les tout premiers millimètres de matériau superficiel pour caractérisation minéralogique par diffractométrie de rayons X. Cette étape permet dans bien des cas d'identifier la nature minéralogique des sels directement responsables de l'altération en surface.

- o Pour éléments de parement en pierre ou mortier affectés de desquamations, pulvérulences...
- o Pour éléments de maçonnerie interne formant hourdage,
- o Pour éléments de joints en élévations (largeur, épaisseur, profondeur, nature, etc.), surtout au contact des voûtes hautes et murs gouttereaux.

Les trous occasionnés seront rebouchés par le laboratoire du présent lot au mortier de chaux, en coordination avec les lots 04 – Maçonnerie/Pierre de taille et 06 – Restauration de sculpture.

- **Généralités concernant les rapports à rédiger par le présent lot :**

L'ensemble des études effectuées par le laboratoire du présent lot en collaboration des lots 06 – Restauration de sculpture fera l'objet de rapports intermédiaires de suivi, destinés à la maîtrise d'œuvre, au LRMH et aux diverses entreprises, (par campagne de prélèvements et d'analyses) - édition de rapports d'analyses illustrés en 4 exemplaires dont 1 exemplaire sous forme numérique.

Ces rapports, à réaliser par zones, présenteront les études et synthèses avec interprétations des résultats, compris :

- La méthodologie complète mise en œuvre / Dossier technique.

- Le descriptif des examens effectués in situ, compris localisation sur plans (description des prélèvements, tels que décrit au point précédent (identification, report sur plan, nature du prélèvement, etc.), etc.
- Le bilan quantitatif des surfaces traitées et du nombre de cycles d'application des compresses dans le cadre des situations des entreprises.
- Les rapports de laboratoires et d'essais sur les produits employés, (description des analyses réalisées (méthodes, outils employés, délais, etc.).
- Les résultats détaillés (compris cartographie - report sur plans) assortie d'une synthèse des analyses.
- L'exposition des résultats avec rappels des seuils pathogène par nature de pierre, mortier, par type de sel, évaluation pondérale du degré d'assainissement et représentation graphique de l'évolution de la conductivité des compresses.
- L'interprétation des résultats.
- L'ensemble des solutions à apporter aux différentes pathologies rencontrées (efflorescences et dégradations de type alvéolisation, desquamation, pulvérulence, occasionnées par la cristallisation de sels solubles, expansifs, hygroscopiques) / Préconisations en termes de dessalement.
- Les conclusions relatives à l'efficacité, l'innocuité et la durabilité des traitements effectués par les entreprises des lots 06 – Restauration de sculpture et le présent lot.
- Un dossier photographique (in situ).
- Tous documents à la demande de l'ACMH et du LRMH.

Pour chaque zone, il est demandé la rédaction, à minima d'un rapport sur les analyses synthétiques, puis par cycle de dessalement.

**A prévoir avec prescription spécifique et localisation :**

Inclus dans l'offre de prix.

## **04.02 ANALYSES PRELIMINAIRES DES PAREMENTS**

- **Prise en charge des existants - Constat des lieux :**

Examen général du site et choix de l'implantation des prélèvements de pierres et de mortiers à exécuter (en collaboration des lots 04 – Maçonnerie/Pierre de taille et 06 – Restauration de sculpture et du présent lot).

Au préalable, afin d'appréhender les lieux :

- Observations et relevés (zones de dégradation des parements et d'efflorescences salines) en étroite collaboration avec les titulaires des lots 04 – Maçonnerie/Pierre de taille et 06 – Restauration de sculpture ;
- Identification des matériaux avec premières conclusions, (mesures in-situ).
- Réalisation de cartographies des matériaux et dégradations correspondant à ces premiers examens qui seront à reproduire sur les plans, coupes et élévations selon leurs impacts, à présenter en annexes de toutes les premières investigations à l'Architecte en Chef des Monuments Historiques pour approbation.

Ensemble à fournir dans le premier rapport, concernant les analyses préliminaires.

• **Analyses préliminaires des parements avant traitement comprenant :**

- Tous les prélèvements avant les travaux TCE (et notamment des lots 04 – Maçonnerie/Pierre de taille et 06 – Restauration de sculpture) de pierre et de mortier, à 3 profondeurs.

Prélèvements à réaliser pour la recherche des sels solubles qui affectent les pierres en œuvre, sur :

- Pierres saines pour échantillonnage de référence ;
  - Pierres dégradées ;
  - Mortiers de joint, de ragréage, de pose.
- La fourniture, les transports et les coltinages du matériel et des échantillons en laboratoire (leurs protections, leurs conditionnements, etc...) ;
- La protection du personnel : EPI adaptés au contexte de contamination résiduel de l'environnement (plomb émissif), etc. ;
- La caractérisation porale en laboratoire des pierres et mortiers pour définir le type de compresse de dessalement adapté – Plus particulièrement sur supports sur lesquels cette caractéristique n'a pas été mesurées préalablement ;
- La définition de la teneur en eau des parements (après brossage et aspiration) : 40-50 mm (profondeur) ;
- L'identification et la quantification des sels solubles.
  - Anions (chlorures, sulfates et nitrates) et cations (calcium, magnésium, sodium et potassium)
  - Si besoin et au cas par cas, d'autres cations/anions pourront être recherchés (gluconates/EDTA, ammonium...)
  - Seuils pathogènes selon les sels solubles et les matériaux contaminés (pierre, mortier...)

Types d'analyse (non exhaustif) :

- Analyse qualitative de poudre par diffraction des rayons X,
  - Par chromatographie ionique et spectrométrie d'émission atomique selon la norme NF EN 16455 sur extraction aqueuse,
  - Observations de fractures au microscope électronique à balayage couplé à l'analyse qualitative élémentaire par spectrométrie X à dispersion d'énergie,
  - Identification du spectre poral par intrusion de mercure
- La caractérisation des différentes options de compresse de dessalement, qu'elles soient formulées par les entreprises, ou disponibles dans le commerce sous forme de produits prêts à l'emploi.
  - Détermination de la conformité des compresse au cahier des charges émis par la maîtrise d'œuvre et suivant les préconisations du LRMH (définition des compresse de dessalement compatibles avec les supports selon les natures de pierre et de mortier et les résultats des analyses décrites ci-avant : formulation, épaisseur, mode d'application, temps d'application avant retrait, etc.)
  - L'entreprise titulaire du présent lot s'appuiera sur les résultats des opérations de dessalements conduites sous le contrôle du LRMH lors des opérations de sécurisation de la cathédrale.
  - Dans les cas où les compresse issues des chantiers tests ne seraient pas satisfaisantes, l'entreprise titulaire du présent lot devra une assistance pour la formulation de nouvelles compresse.

- Le contrôle des compresses fournies et mises en œuvre par les lots 06 – Restauration de sculpture (vérification de la teneur des sels dans les compresses) ;
- Les études et synthèses avec interprétations des résultats sous forme de rapport,
- Coltinage et la descente des déchets jusqu'aux bennes mises à disposition, à la charge du lot 06
- L'évacuation jusqu'en décharge de tous les déchets est à la charge du maître d'ouvrage.

• **Assistance pour la formulation de compresses adaptées :**

- Pour des types de parements et/ou des natures de pierre et de mortier non analysées lors des précédentes opérations ou pour modification des compresses issues des chantiers tests dans le cas où celles-ci seraient jugées non satisfaisantes.
- La sélection des compresses sera faite à partir de 5 formulations (réalisées par le lot 06 – Restauration de sculpture, sur conseils du présent lot) après réalisation de mesures par le présent lot.

Les modalités précises d'analyse seront établies au cas par cas en relation avec le LRMH.

Mesures attendues (liste non exhaustive) :

- Capacité de rétention d'eau,
- Répartition du spectre poral,
- Coefficient de séchage,
- Retrait au séchage,
- PH,
- Conductivité ionique,
- Teneur en sels solubles.

Pourra également être envisagée :

- Les analyses permettant l'identification de la composition minéralogique des phases cristallisées après mise en suspension dans l'eau et tri des composants selon leur densité.
- Une analyse par spectrométrie infra-rouge à transformée de Fourier d'éventuelles phases organiques, et en cas de besoin une détermination de la microstructure des composants par microscopie électronique à balayage couplée à des analyses de la composition chimique par spectrométrie de rayons X dispersive en énergie.

Dans certains cas, des techniques analytiques complémentaires pourront être mises en œuvre.

- Les essais préliminaires pour le dosage du produit et la formulation de la compresse seront à soumettre au LRMH avant de généraliser l'application sur les parements (prévoir autant d'essais que besoin jusqu'à obtention des résultats souhaités) et les préconisations pour le traitement seront établies en collaboration avec lui.
- La réalisation d'une zone d'essai de performance sur une sélection des deux compresses les plus appropriées. La zone d'essai sera sélectionnée en concertation avec la maîtrise d'œuvre et concernera une zone particulièrement contaminée.
- Evaluation de la performance en deux applications.
  - Mise en œuvre de la compresse par l'entreprise titulaire des lots 06 – Restauration de sculpture sur une fenêtre de 1m<sup>2</sup> pour évaluation des propriétés d'applicabilités et des propriétés d'adhérence notamment lors de la phase de séchage.
  - Prélèvements par perçages successifs de diamètre 8 mm en trois profondeurs avant

et après application de la compresse et prélèvement de compresse sèche sur une fenêtre de 10x10 cm².

- Sur poudre, dosage des anions (chlorures, sulfates et nitrates) et des cations (calcium, magnésium, sodium et potassium) par chromatographie ionique et spectrométrie d'émission atomique selon la norme NF EN 16455 sur extraction aqueuse y compris mesure des teneurs en eau par dessiccation infrarouge sur site et sur compresse ; mesure de la conductivité spécifique.

Les études et synthèses avec interprétations des résultats sous forme de rapport

**A prévoir avec prescription spécifique et localisation :**

Pour toute l'opération de « Restauration du chevet »

- Selon implantation définie avec l'ACMH
- Protocole et démarche à suivre et à mettre en place en collaboration avec les lots 06 – Restauration de sculptures, en charge des opérations de dessalement et le présent lot (sous contrôle de la MOE et du LRMH), compris la rédaction d'un rapport.

#### **04.03 CONTROLE DES PAREMENTS APRES INTREVENTION DE DESSALEMENT**

Afin de constater l'efficacité du traitement de dessalement des parements, la prestation comprendra, outre les visites d'un ingénieur sur le site :

- L'implantation des prélèvements inchangée sauf zones complémentaires si besoin.  
Tous les prélèvements nécessaires (prélèvements d'écailles superficielles et de poudres de pierre) de pierre et de mortier, à 3 profondeurs (interventions sur site en tant que de besoin et pendant toute la durée de l'opération), de compresse (en phase de dessalement, prélèvement de compresse sèche sur une fenêtre de 10x10 cm²).  
Le nombre de prélèvements devra permettre de constater l'efficacité de l'intervention.  
Un passage mensuel pour contrôler et analyser la performance des cataplasmes des lots 06 – Restauration de sculpture (performance et rapidité).
- La fourniture, le transport et le coltinage du matériel et des matériaux nécessaires aux prélèvements ;
- La protection du personnel : EPI adaptés au contexte de contamination résiduel de l'environnement (plomb émissif), etc.
- La définition de la teneur en eau des parements (après brossage et aspiration) : 40-50 mm (profondeur) ;
- L'identification et le dosage des sels solubles.
  - Anions (chlorures, sulfates et nitrates) et cations (calcium, magnésium, sodium et potassium)
  - Seuils pathogènes selon les sels solubles et les matériaux contaminés (pierre, mortier...)
- Types d'analyse (non exhaustifs) :
  - Analyse qualitative de poudre par diffraction des rayons X.
  - Par chromatographie ionique et spectrométrie d'émission atomique selon la norme NF EN 16455 sur extraction aqueuse.
  - Observations de fractures au microscope électronique à balayage couplé à l'analyse qualitative élémentaire par spectrométrie X à dispersion d'énergie ;
- Le coltinage et la descente des déchets jusqu'aux bennes mises à disposition,

Le contrôle sera à réaliser après chaque cycle de dessalement (le nombre de cycle sera arrêté en fonction du résultat souhaité, jusqu'à obtention du résultat).

Chaque cycle d'analyses après dessalement fera l'objet d'un rapport illustré qui relatera les dispositions effectuées et mettra l'accent sur tous points délicats à observer et qui doivent être pris en compte (temps d'application des compresses, état des parements après dessalement, synthèse et interprétation des résultats d'analyses et préconisation d'intervention complémentaire de dessalement et/ou de consolidation selon l'état des parements etc...).

Les préconisations pour les compléments d'intervention seront toujours établies en collaboration avec le LRMH et soumises à son approbation

Le rapport sera diffusé au plus tard deux semaines après les prélèvements en 4 exemplaires dont 1 exemplaire sous forme numérique.

**A prévoir avec prescription spécifique et localisation :**

Pour toute l'opération de « Restauration du chevet »

- Les prélèvements et analyses après chaque cycle de dessalement par les lots 06 – Restauration de sculpture.
- L'établissement d'un rapport après chaque campagne d'analyse.

O—O—O—O—

## 05. DOSSIERS DE FIN DE TRAVAUX - DOE :

### Le DOE :

En fin d'opération, le titulaire du présent lot rédigera un rapport de synthèse portant sur l'ensemble des prestations réalisées dans le cadre de son marché, compris :

- Un rapport de synthèse illustré faisant apparaître le contexte de l'opération et explicitant les analyses réalisées, les solutions retenues et résultats obtenus par zones.
- Les fiches techniques des produits utilisées.
- L'index de tous les rapports édités dans le cadre de cette opération, leur compilation.
- Tous documents les utiles à la connaissance des œuvres ou de l'édifice et à la documentation des prestations réalisées.

### **Rédaction d'un dossier documentaire sur les interventions réalisées comprenant :**

- La description précise des travaux de restauration compris description des modes opératoires appliqués et liste des produits mis en œuvre, accompagnée dans la mesure du possible, des fiches techniques des producteurs.
- Une couverture photographique documentant les travaux avant, pendant et après intervention.
- La réalisation de relevés graphiques, légendés et cotés, documentant la technique d'origine, l'état de conservation et les interventions réalisées. L'échelle minimum sera au 50e. Facultativement des relevés au 20e pourront être joints.

Documents datés au format A4 et A3 pliés et dûment légendés.

Chaque partie sera séparée des autres par un intercalaire et l'ensemble du dossier sera doté d'une page de garde et d'un sommaire général.

L'entreprise devra fournir 1 dossier numérique + 5 exemplaires papiers de ce DOE.

-O-O-O-O-

**06. NOTE FINALE :**

L'entreprise titulaire du présent lot 18CHVT aura à sa charge tous les ouvrages de leur profession, utiles à l'exécution convenable et complète des travaux, de façon que leur achèvement dans les conditions déterminées par les documents contractuels ne donne lieu à aucun supplément, sauf modifications faisant l'objet d'ordres formels et écrits en provenance de l'Architecte en Chef des Monuments Historiques, validés par la maîtrise d'ouvrage.

-O-O-O-O-